

Varastoautomaattien sähkönkulutus

Tomi Pietarinen

Opinnäytetyö

_____'_____'_____

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala		
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma		
Työn tekijä(t) Tomi Pietarinen		
Työn nimi Varastoautomaattien sähkönkulutus		
Päiväys	Sivumäärä/Liitteet	30+3
Ohjaaja(t) projekti-insinööri Henrik Sikanen		
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Newico Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön pääaiheena oli Newico Oy:n Fixu-varastoautomaattien sähkönkulutuksen mittaaminen. Työssä mitoitettiin myös UPS-laitteen teho yhdelle varastoautomaateista ja selvitettiin mahdollisten muutosten tarve varastoautomaattien käyttöönottomittauspöytäkirjaan. Varastoautomaattien sähkönkulutusmittaukset olivat ajankohtaisia, sillä asiakkaita ja yritystä kiinnosti varastoautomaattien sähkönkulutus eikä sitä ollut ennen mitattu. Osa asiakkaista oli myös kiinnostunut hankkimaan UPS-laitteen varastoautomaatilleen sähkökatkojen varalta.</p> <p>Sähkönkulutusmittaukset tehtiin viikon mittaisina, jolloin mittaustuloksista voitiin arvioida varastoautomaattien koko vuoden sähkönkulutus. Sähkönkulutustiedon lisäksi mittaustuloksista tarkasteltiin myös varastoautomaatin vaikutuksia sähkön laatuun. UPS-laitteen mitoitus tehtiin mittaamalla varastoautomaatin maksimivirrat täyden kuormituksen aikana ja laskemalla virtojen perusteella teho UPS-laitteelle. Käyttöönottomittauspöytäkirjan päivitystä varten selvitettiin, onko standardeihin ja säädöksiin tullut lisäyksiä ja onko olemassa erityisesti varastoautomaatteja ja teollisuusrobotteja koskevia testauksia tai mittauksia.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin Fixu-varastoautomaattien sähkönkulutustiedot ja UPS-laitteen tehovaatimus selvitettyä. Lisäksi työssä selvisi varastoautomaattien käyttöönottomittauspöytäkirjan ajantasaisuus.</p>		
Avainsanat Sähkönkulutus, varastoautomaatti, UPS, käyttöönottotarkastus		

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Tomi Pietarinen			
Title of Thesis Electric energy consumption of automated storages			
Date		Pages/Appendices	30+3
Supervisor(s) Mr Henrik Sikanen, project engineer			
Client Organisation/Partners Newico Oy			
<p>Abstract</p> <p>The main purpose of this final year project was to meter electric energy consumption of Fixu automated storages. Only vague assumptions of the consumption were available and there was interest towards accurate consumption information of the Fixu automated storages. Some customers were also interested in the possibility of having an UPS machine in case of power outage. Also other aims in this final year project were to define the power requirement for the UPS machine for one of the automated storages and to find out if current introduction inspection report needed updating.</p> <p>Electric energy consumption was metered in one week sessions. The metering results enabled the estimation of one year consumption. UPS machine's power requirement was defined by metering the maximum currents of the automated storage when in full load and calculating the power using the metered currents. For the updating of introduction inspection report the standards were checked if there were any updates in tests or any specific tests concerning the automated storages.</p> <p>As a result, the Fixu automated storages' electric energy consumption information was acquired. Also the required power for the UPS machine was calculated. The introduction inspection was also examined to have correct tests.</p>			
Keywords electricity, consumption, UPS, introduction, inspection			

ESIPUHE

Opinnäytetyö tehtiin kuopiolaiselle Newico Oy:lle keväällä 2012.

Ohjaajinani olivat Newico Oy:n käyttöönotto- ja automaatiosuunnittelija Mika Rissanen sekä Savonia-ammattikorkeakoululta projekti-insinööri Henrik Sikanen. Haluan kiittää heitä suuresti avusta ja ohjeista, joita he antoivat työn aikana.

Kuopiossa 23.5.2012

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
2	YRITYS JA TUOTTEET.....	10
2.1	Newico Oy.....	10
2.2	Iso-Fixu -varastoautomaatti	10
2.3	Boxi-Fixu -varastoautomaatti.....	11
3	VARASTOAUTOMAATTIEN SÄHKÖNKULUTUSMITTAUKSET	12
3.1	Sähkön laatu	12
3.2	Työssä käytetty mittalaite	12
3.3	Iso-Fixu -varastoautomaatin mittaus.....	13
3.4	Boxi-Fixu -varastoautomaatin mittaus	17
3.5	Iso-Fixu -varastoautomaatin tasavirtalähteen virtamittaus	19
4	UPS-LAITTEEN MITOITTAMINEN ISO-FIXU -VARASTOAUTOMAATILLE	21
4.1	Yleistä UPS-laitteista.....	21
4.2	UPS-laitteen mitoitus.....	23
5	VARASTOAUTOMAATIN TODENTAMINEN JA KÄYTTÖÖNOTTOMITTAUKSET	25
5.1	Yleistä koneen todentamisesta	25
5.2	Fixu-varastoautomaattien käyttöönottomittauspöytäkirja	27
6	YHTEENVETO.....	29
	LÄHTEET	31

LIITTEET

Liite 1 Iso-Fixu -varastoautomaatin sähkönkulutusraportti

Liite 2 Boxi-Fixu -varastoautomaatin sähkönkulutusraportti

Liite 3 Newico Oy:n varastoautomaattien käyttöönottotarkastuspöytäkirja

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehdään kuopiolaiselle Newico Oy:lle. Newico Oy:n päätoimialueena on varastoautomaattien valmistaminen apteekkeille ja sairaaloille. Opinnäytetyön aihe perustuu Newico Oy:n ja yrityksen asiakkaiden kiinnostukseen varastoautomaattien sähkönkulutuksesta. Varastoautomaattien sähkönkulutusta ei ole ennen mitattu ja kulutuksesta on olemassa vain laskettuja arvioita. Osa asiakkaista on kiinnostunut myös mahdollisuudesta hankkia UPS-laite varastoautomaatilleen sähkökatkojen varalta.

Opinnäytetyössä mitataan sähkönkulutustiedot Newico Oy:n varastoautomaateille Iso-Fixu ja Boxi-Fixu. Työn mittauksissa tarkastellaan varastoautomaattien kulutustietoja sekä syöttävän sähkön laatua ja ominaisuuksia. Iso-Fixu varastoautomaatille tehdään myös mittaus, jonka perusteella sille voidaan mitoittaa oikean kokoinen UPS-laite.

Edellä mainittujen mittausten lisäksi opinnäytetyössä tarkastellaan varastoautomaattien käyttöönottomittauksia. Tarkoituksena on selvittää, tarvitseeko yrityksellä jo käytössä olevaan käyttöönottomittauspöytäkirjaan tehdä lisäyksiä.

2 YRITYS JA TUOTTEET

2.1 Newico Oy

Newico Oy on automaatioalan yritys, jonka toimipaikka sijaitsee Kuopiossa. Yritys toimi aiemmin robotisointiprojektitoimittajana teollisuudelle, mutta nykyään yrityksen asiakkaan koostuvat apteekeista ja sairaala-apteekeista. Newico Oy:llä on asiakkaita ympäri Suomea. Yrityksessä työskentelee 15 henkilöä (Newico Oy:n www-sivusto 2012).

Newico Oy:n valmistamiin tuotteisiin kuuluu Fixu-tuoteperhe, johon kuuluu Iso-Fixu, Boxi-Fixu ja Pikku-Fixu varastoautomaatit. Yritys tarjoaa myös muita tuotteita ja palveluita, kuten annosjakelutuotteita, lääkejakeluautomaatteja ja suunnittelupalveluita. Tuotteiden myynti, suunnittelu ja kokoaminen tapahtuu kokonaan yrityksessä. Valmistamisen lisäksi yritys huolehtii myös tuotteiden asennuksesta, käyttöönotosta, huollosta ja ympärivuorokautisesta teknisestä tuesta (Newico Oy 2011a).

2.2 Iso-Fixu -varastoautomaatti

Iso-Fixu on apteekkeihin suunniteltu varastorobotti, joka huolehtii apteekin lääkevarastosta ja lääkkeiden toimittamisesta varastosta työntekijälle. Laitteen ominaisuuksiin kuuluu muun muassa automaattinen varastonvalvonta ja lääkkeiden vanhenemisuuden seuranta. Varastoautomaatin koko on tilaajakohtainen ja riippuu tarvittavan lääkevaraston suuruudesta. Laite osaa syöttää lääkkeitä sisään varastoon noin 200 lääkepakettia tunnissa. Lääkkeen varastosta ulos toimittamiseen kuluu noin 6-10 sekuntia lääkkeen sijainnista riippuen. Iso-Fixu varastoautomaatti koostuu sisään-syöttöyksiköstä, varasto-osasta ja mahdollisista lisäosista, joita voivat olla esimerkiksi erilaiset kuljettimet ja hissit (Newico Oy 2012).

2.3 Boxi-Fixu -varastoautomaatti

Boxi-Fixu -varastoautomaatti on ominaisuuksiltaan samankaltainen luvussa 2.2 esitellyn Iso-Fixu -varastoautomaatin kanssa. Erona Iso-Fixu -varastoautomaattiin on se, että Boxi-Fixu koostuu pelkästä varasto-osasta eikä siinä ole erillistä sisäänsyöttöyksikköä tai mahdollisia kuljettimia.

3 VARASTOAUTOMAATTIEN SÄHKÖNKULUTUSMITTAUKSET

3.1 Sähkön laatu

Suomessa sähkön laadun ominaisuuksien määrittelemiseen pien- keski- ja suurjänniteverkoissa käytetään Eurooppalaista standardia EN 50160. Standardissa määritellään rajat ja vaatimukset jakelujännitteen taajuudelle, suuruudelle, aaltomuodolle ja kolmivaihejännitteen symmetrisyydelle (SFS-EN 50160, 1-6).

Edellä mainittujen sähkön laatuominaisuuksien lisäksi standardi SFS-EN 50160 sisältää määrittelyt käyttökeskeytyksille ja erilaisille jännitehäiriöille kuten jännitekuopille ja ylijännitteille sekä transienttiylijännitteille. Standardi ei kuitenkaan määrittele rajoja kyseisille tapahtumille ja häiriöille. (SFS-EN 50160, 24-28)

3.2 Työssä käytetty mittalaite

Opinnäytetyön mittauksissa käytettiin Gossen Metrawattin Mavowatt 70 Power Xplorer mittalaitetta, joka saatiin käyttöön Savonia-ammattikorkeakoululta. Mittalaite on 3-vaiheinen energia- ja tehoanalysointilaitte, jossa on kahdeksan kanavaa: neljä sekä jännitteille että virroille. Mittalaitteella voi tehdä standardin EN 50160 mukaisen verkkojänniteanalyysin. (Gossen Metrawatt GmbH:n www-sivusto 2012)



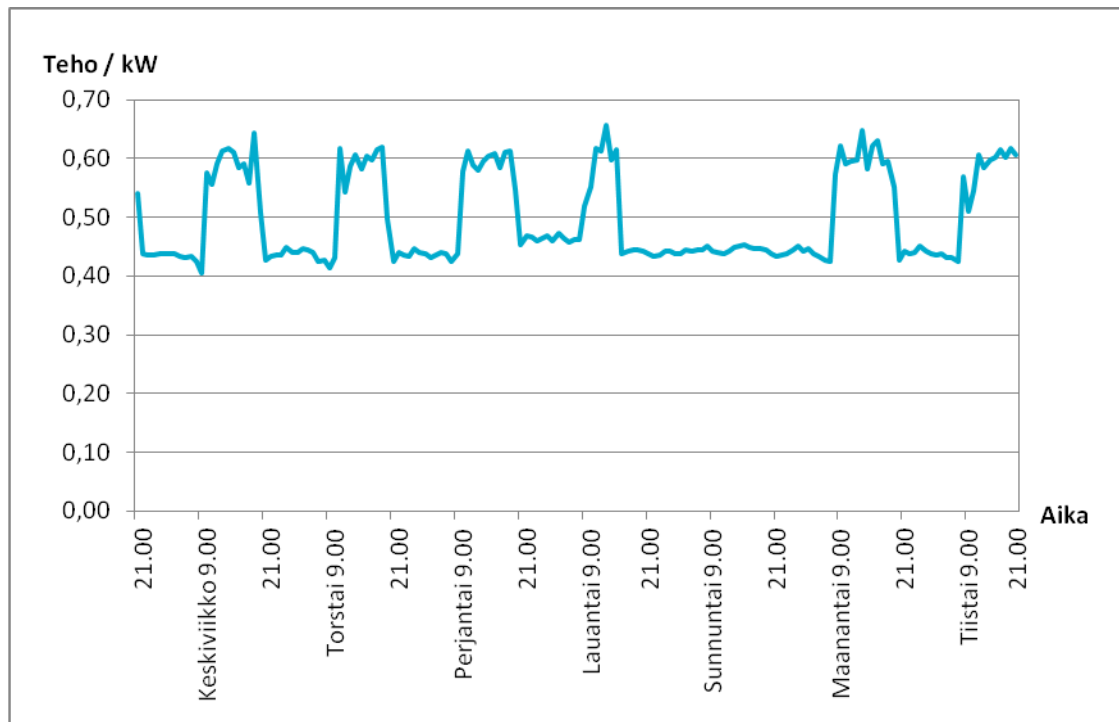
KUVA 1. Mavowatt 70 Power Xplorer (Mavowatt 70 Power Xplorer User's guide 2005)

Mittaustuloksien analysointiin käytetään Dran-View 6 -ohjelmaa. Ohjelma näyttää mitatuista suureista maksimi- minimi- ja keskiarvokäyrät. Mittausdata tallentuu mittalaitteessa muistikortille, josta tiedot voidaan siirtää tietokoneelle.

3.3 Iso-Fixu -varastoautomaatin mittaus

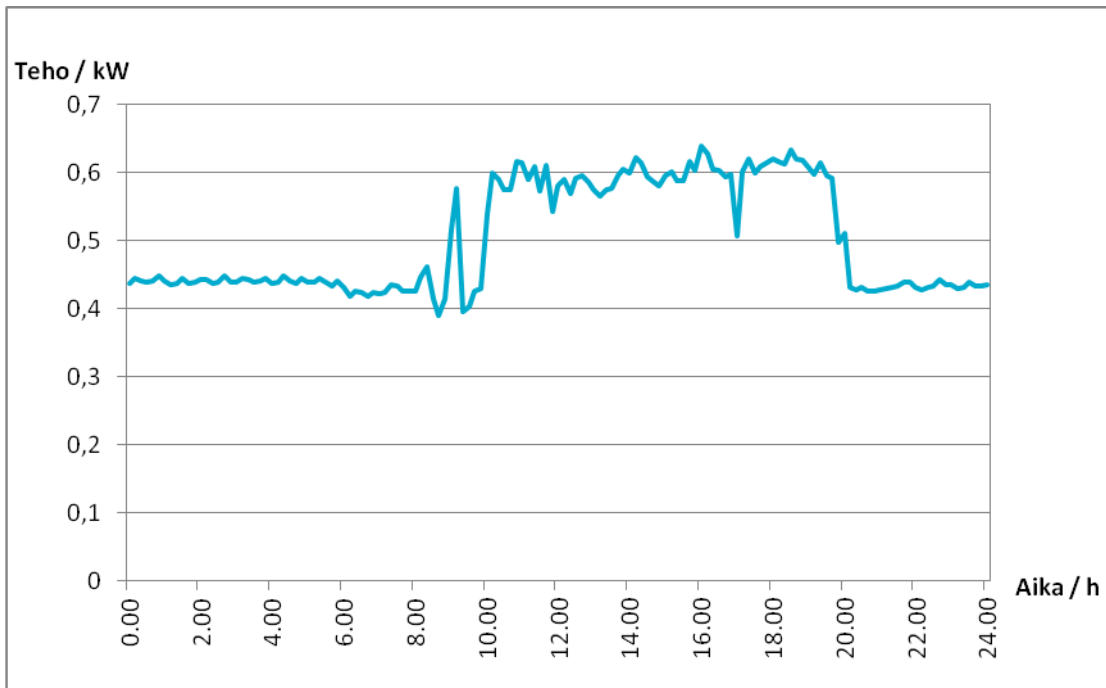
Opinnäytetyössä mittauksen kohteena ollut Iso-Fixu varastoautomaatti sijaitsee Puijonlaakson apteekissa Kuopiossa. Varastoautomaattiin kuuluu sisäänsyöttöyksikön ja varasto-osan lisäksi kuljetin. Mittaus suoritettiin viikon pituisena aikavälillä 27.03. - 3.04.2012. Mittausajankohtana apteekin aukioloajat olivat maanantaista perjantaihin kello 9.00 - 20.00, lauantaina kello 9.00 - 16.00 ja sunnuntaina apteekki oli suljettu. Mittalaite sijoitettiin mittauksen ajaksi varastoautomaatin sähkökeskukseen.

Iso-Fixu -varastoautomaatille saadaan mittaustuloksista piirrettyä kuormituskäyrä viikon ajalta (kuvio 1). Kuormituskäyrästä saadaan selville laitteen keskimääräisen tehontarpeen viikon aikana olevan noin 0,45 kW lepotilassa ja käytön aikana noin 0,65 kW.



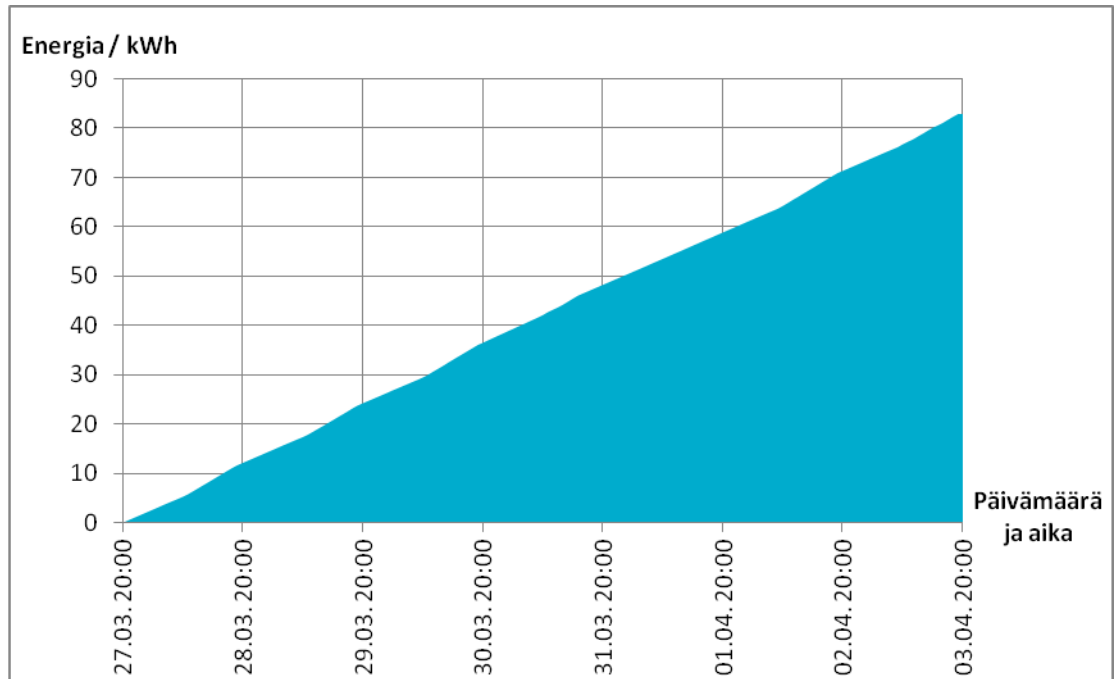
KUVIO 1. Iso-Fixu -varastoautomaatin kuormituskäyrä

Tarkastelemalla yhden arkipäivän kuormituskäyrää (kuvio 1), huomataan kuormituksen olevan melko tasainen koko apteekin aukioloajan. Iso merkitys kuormituksen jakautumisessa on apteekissa käyvien asiakkaiden määrä ja miten tasaisesti asiakkaat jakautuvat apteekin aukioloajalle. Kuvion 2 keskimääräisen tehon kuormituskäyrä on piirretty mitatuista tehon 10 minuutin keskiarvoista.



KUVIO 2. Iso-Fixu -varastoautomaatin kuormitus päivän aikana

Viikon ajalta varastoautomaatin energiankulutukseksi saadaan noin 85 kWh (kuvio 3). Varastoautomaatin vuosittainen energiankulutus voidaan arvioida mittausviikon perusteella, koska automaatin käyttö pysyy samanlaisena kaikkina vuodenaikoina. Tämän perusteella voidaan arvioida kulutuksen olevan vuoden aikana noin 4400 kWh (52 viikkoa x 85 kWh).

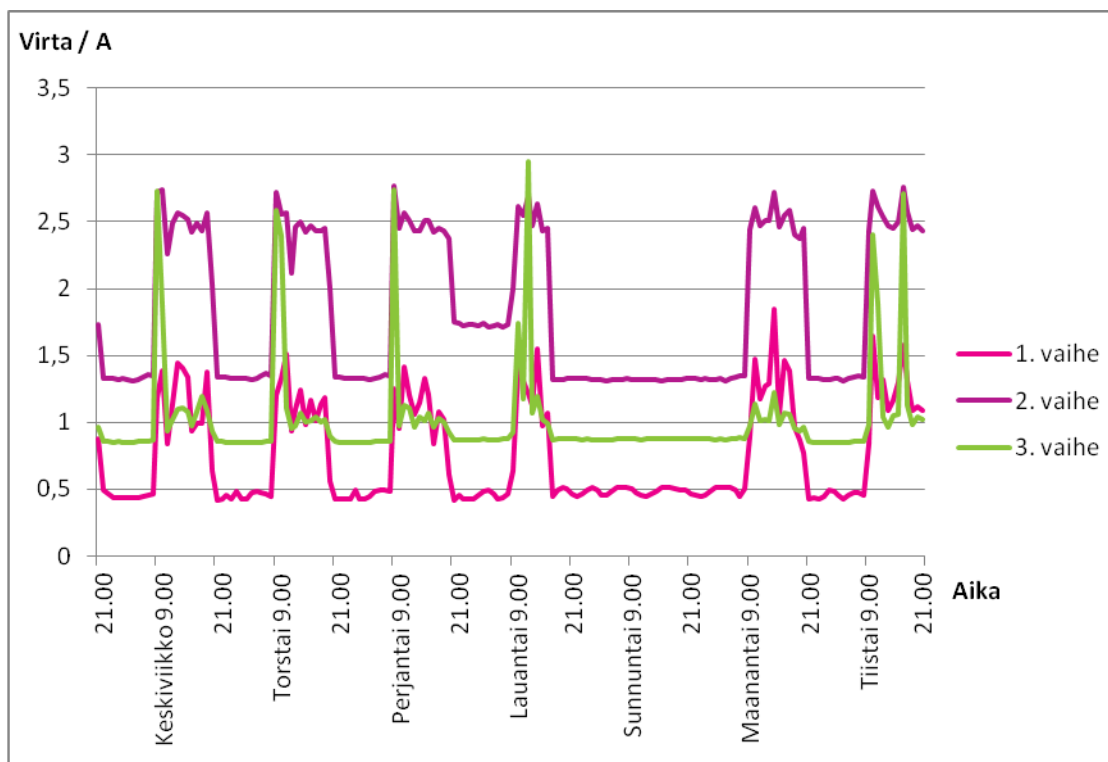


KUVIO 3. Energiankulutus viikon aikana

Varastoautomaatti ei kuormita vaiheita tasaisesti. Tämä näkyy selvästi tarkasteltaessa automaatin keskimääräisiä ja huippuvirtoja. Kuormituksen epätasaisuuteen vaikuttaa automaatissa olevat yksivaihekuormat. Laitteessa olevia yksivaihekuormia ovat esimerkiksi syöttöpöydän, kuljettimen ja varstorobotin moottorit. Moottoreiden liikkeellelähdon aiheuttamat virtapiikit kasvattavat vaiheiden 2 ja 3 huippuvirrat suuriksi verrattuna vaiheen 1 huippuvirtaan (taulukko 1). Lepotilan vaihevirtojen suuruuteen vaikuttavat muun muassa varastoautomaatin robottien servomoottorit ja tasavirtalähteet.

TAULUKKO 1. Vaihevirtojen keski- ja huippuarvot

Vaihe	I_{ka} / A	I_{max} / A
1	0,76	5,16
2	1,83	14,50
3	1,03	12,62



KUVIO 4. Iso-Fixu -varastoautomaatin keskimääräiset vaihevirrat

Mittaustuloksista varastoautomaatin tehokerroimeksi saadaan noin 0,79. Mitä pienempi on laitteiden tehokerroin, sitä enemmän verkossa siirtyy loisvirtaa. Loisvirta kuormittaa verkon johtimia ja aiheuttaa lämpenemistä. Yleensä laitteiden tehokerroin pyritään saamaan mahdollisimman lähelle yhtä tai käytetään kompensointia. Kyseessä oleva varastoautomaatti on tehoiltaan kuitenkin pieni ja loisvirrat jäävät siten pieniksi.

Laitteissa olevat elektroniikkakomponentit, kuten edellä mainitut taajuusmuuttajat ja tasavirtalähteet, aiheuttavat verkkoon yliaaltojännitteitä. Mittauskohteessa yliaaltojännitteiden kokonaissärökerroin *THD* oli alle 2 prosenttia, joka on sallittujen rajojen sisällä.

3.4 Boxi-Fixu -varastoautomaatin mittaus

Boxi-Fixu -varastoautomaatin mittaus tehtiin tuusniemeläisessä apteekissa, jonka aukioloajat mittauksen aikana olivat maanantaista perjantaihin kello 9.00 - 17.00, lauantaina kello 9.00 - 14.00 ja sunnuntaisin suljettu. Mittaus suoritettiin 16.4. - 23.4.2012 välisenä aikana.

Mittauksen ensimmäisen päivän iltana sattui mittauskohteessa sähkökatkos, joka aiheutti mittauksen keskeytymisen 16.4. - 17.4. välisen yön ajaksi mittalaitteen akun tyhjennyttyä. Mittaus jatkui aamulla 17.4. muuten normaalisti, mutta mittalaitteen mukaan sekä jännitteiden että virtojen vaihejärjestys on muuttunut. Koska jännitteiden ja virtojen vaihekulmat ovat väärässä järjestyksessä, ei mittarin tekemä analyysi ole todenmukainen lukuun ottamatta jännitteiden ja virtojen suuruusarvoja.

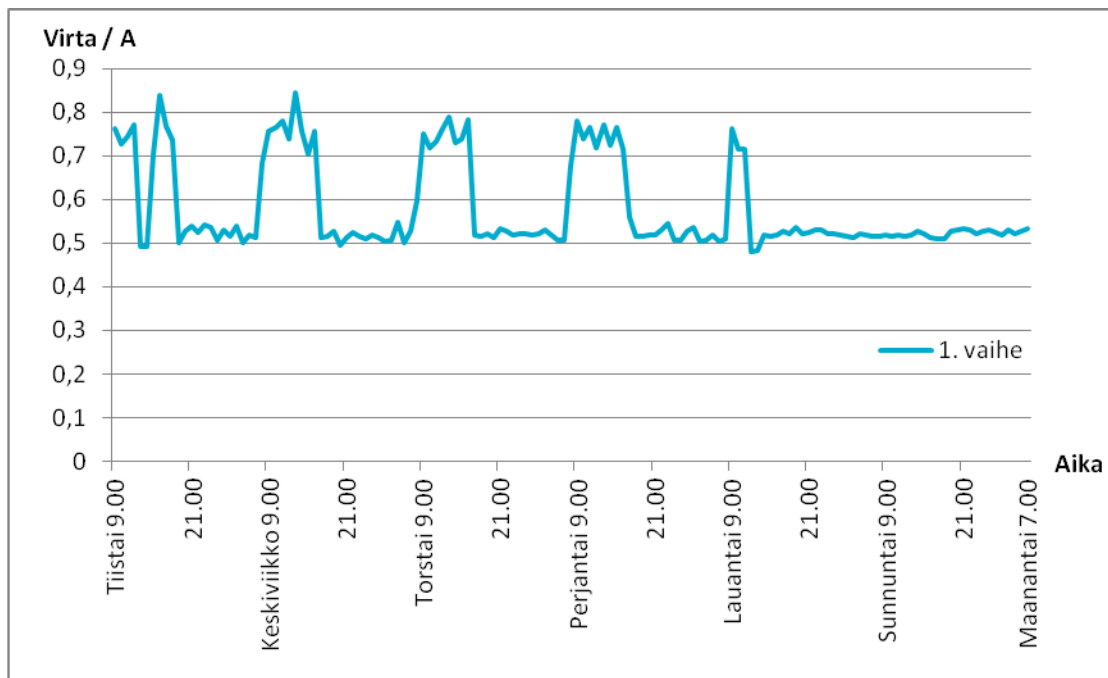
Mittauksesta saatujen virta-arvojen avulla voidaan Boxi-Fixu -varastoautomaatille laskea arviot tehoista ja sähkönkulutuksesta. Mittauksesta saadut virtakäyrät ovat sähkökatkosta huolimatta tiistai aamusta maanantai aamuun, jolloin viikonlopun aiheuttama pudotus keskimääräisessä virrankulutuksessa voidaan ottaa huomioon (katso apteekin aukioloajat).

Mittauksesta saadut vaihevirtojen minimi-, maksimi-, ja keskiarvot näkyvät taulukossa 2. Tulosten valossa Boxi-Fixu -varastoautomaatti kuormittaa kaikkia vaiheita melko tasaisesti ja vaiheiden maksimivirratkin ovat lähellä toisiaan.

TAULUKKO 2. Boxi-Fixu -varastoautomaatin vaihevirtojen arvot

Vaihe	I_{\min} / A	I_{ka} / A	I_{\max} / A
1	0,29	0,59	8,4
2	0,22	0,41	7,9
3	0,33	0,81	11,2

Tarkastelemalla kuvion 5 ensimmäisen vaiheen virtaa nähdään varastoautomaatin kulutuksen olevan samankaltaista Iso-Fixu -varastoautomaattiin verrattuna. Keskimääräinen virrankulutus on apteekin aukioloaikaan tasaista kuten myös yöaikaan ja silloin, kun varastoautomaattia ei käytetä.



KUVIO 5. Boxi-Fixu -varastoautomaatin ensimmäisen vaiheen keskimääräinen virta

Taulukossa 2 olevien keskimääräisten virtojen avulla saadaan varastoautomaatin jokaiselle vaiheelle laskettua keskimääräinen teho. Keskimääräisen tehon avulla voidaan automaatille laskea vuoden sähkönkulutusarvio. Koska laitteen tehokerroin ei mittauksessa saatu määritettyä, oletetaan se samaksi Iso-Fixu -varastoautomaatin kanssa laitteiden ollessa melko samankaltaisia. Boxi-Fixu -varastoautomaatin tehokerroin oletetaan siten olevan 0,8. Vertailun vuoksi taulukossa 3 on laskettu varastoautomaatille vuosikulutus käyttämällä myös tehokertoimia 0,7 ja 0,96, joiden avulla selviää tehokertoimen vaikutus varastoautomaatin sähkönkulutukseen.

TAULUKKO 3. Vuosikulutus keskimääräisistä virroista laskettuna

	Keskiteho, kun tehokerroin			Vuosikulutus, kun tehokerroin		
	0,8	0,7	0,96	0,8	0,7	0,96
Vaihe	P_{ka} / kW	P_{ka} / kW	P_{ka} / kW	$E / kWh,a$	$E / kWh,a$	$E / kWh,a$
1	0,11	0,09	0,13	951	832	1141
2	0,08	0,07	0,09	661	578	793
3	0,15	0,13	0,18	1306	1142	1567
Yhteensä	0,33	0,29	0,40	2917	2553	3501

Boxi-Fixu -varastoautomaatille saadaan laskemalla vuosikulutukseksi noin 2900 kWh, kun laitteen tehokerroin on 0,8.

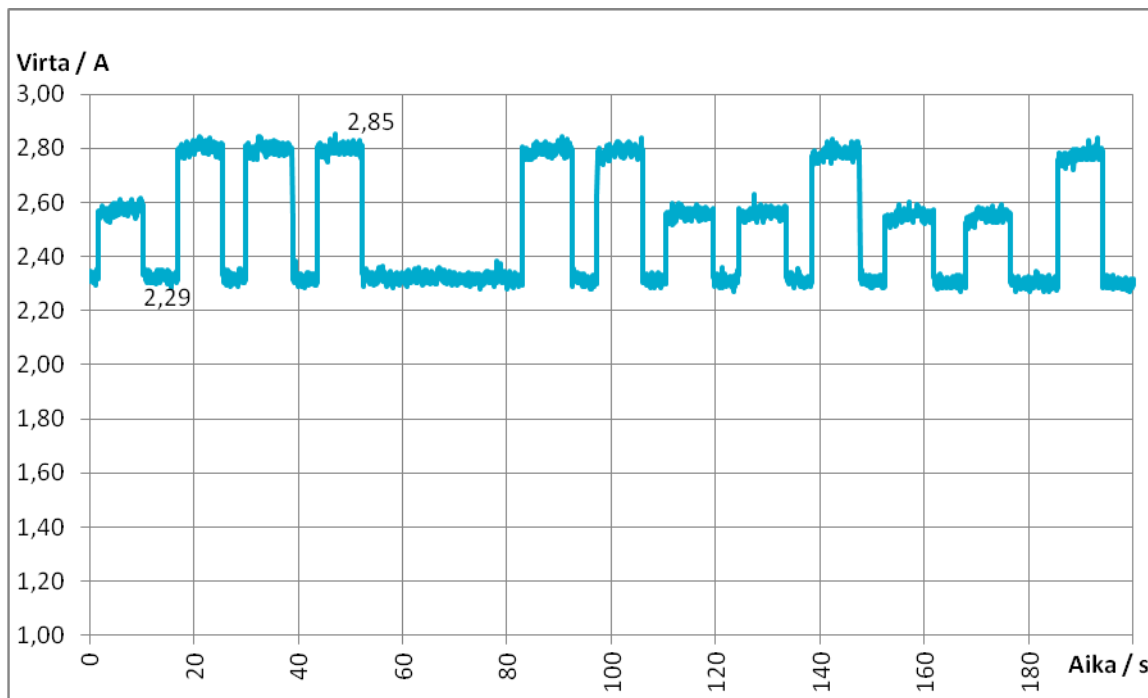
3.5 Iso-Fixu -varastoautomaatin tasavirtalähteen virtamittaus

Iso-Fixu -varastoautomaatin pääkeskuksessa olevan 24 voltin tasavirtalähteen käytönaikainen virta mitattiin, jotta nähdään onko virtalähde mitoitettu oikean kokoiseksi. Virran mittaaminen tehtiin kuvassa 8 näkyvällä DaqPRO 5300 -dataloggerilla ja virtapihdillä. Datalogger ei suoraan osaa muuttaa virtapihdin jännitesignaalia virta-arvoksi, vaan loggerin näytössä näkyvä jännitearvo täytyy kertoa virtapihdin muuntosuhteella virta-arvon saamiseksi.



Kuva 2. DaqPRO 5300 ja virtapihti (Tomi Pietarinen 2011)

Mittaus tehtiin muutaman minuutin pituisena, sillä jo siinä ajassa selvisi virtalähteen syöttämän tasavirran suuruus. Keskimäärin virtalähde syöttää noin 2,5 A tasavirtaa Iso-Fixu -varastoautomaatin ollessa käytössä, mutta käytännössä virta vaihtelee välillä noin 2,3 - 2,85 A (kuvio 6). Dataloggerin näytteenottoväli mittauksen aikana oli 50 näytettä sekunnissa eikä mitatussa virtakaaviossa esiinny hetkellisiä isoja virtapiikkejä, joten virtalähteen kuorman voidaan olettaa tarvitsevan maksimissaan 2,85 A virran. Mitatun virtalähteen nimellisvirta on 10 A, jolloin mittaustulosten perusteella virtalähde voisi olla kokoluokkaa pienempi 5 A virtalähde.



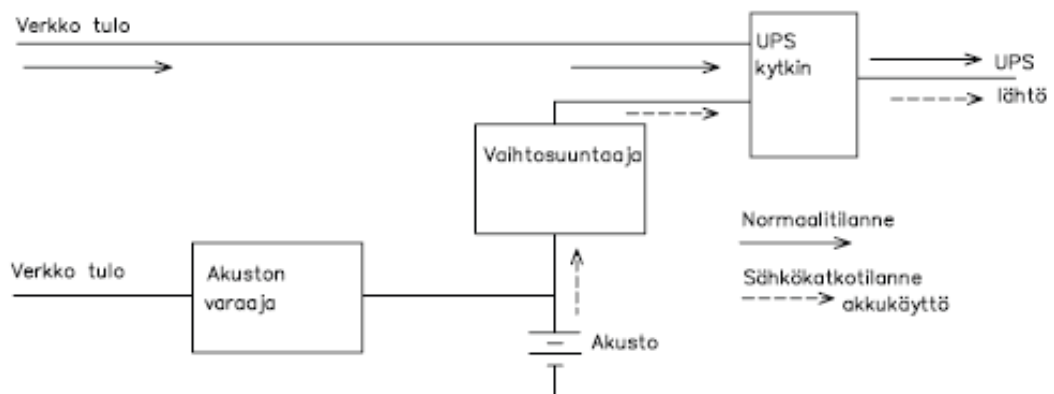
KUVIO 6. 24 V tasavirtalähteen käytönaikainen virta

4 UPS-LAITTEEN MITOITTAMINEN ISO-FIXU -VARASTOAUTOMAATILLE

4.1 Yleistä UPS-laitteista

UPS (Uninterruptible Power System) -laitteiden tarkoitus on turvata häiriötön ja katkeamaton vaihtosähkön syöttö tärkeille kuormille. Kuormat käyttävät jakeluverkon tarjoamaa sähköä, kun sitä on saatavilla ja katkon sattuessa siirtyvät käyttämään UPS-laitteen akuston sähköenergiaa. Laitteen perustoimintoihin kuuluu puolijohdesiltojen avulla vaihtosähkön muuntaminen tasasähköksi ja takaisin tasasähköstä vaihtosähköksi. Yleisenä perustoimintona laitteissa on myös ohituskytkin erikois- ja vikatilanteisiin. Nämä staattiset UPS-laitteet voidaan jaotella eri ryhmiin, joita ovat stand-by operation -laitteet, line interactive operation -laitteet ja double conversion -laitteet (Bovellan ym. 2005, 59-64).

Stand-by operation -laitteet (Off-Line UPS) siirtyvät syöttämään sähköenergiaa akustosta, kun verkkojännitteen arvot ylittävät vaihtelurajat tai on sähkökatko. Normaalisessa käyttötilanteessa verkko syöttää kuormaa vaihtokytkimen kautta. Stand-by-UPS-laitteen toimintaperiaate näkyy kuvassa 9 (Bovellan ym. 2005, 59).

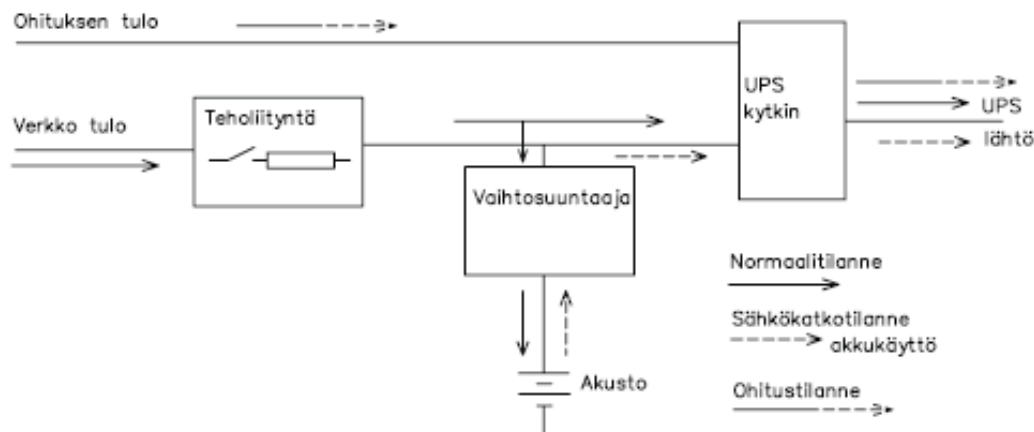


KUVA 3. Stand-by-UPS-laitteen toimintaperiaate (Bovellan ym. 2005, 60)

Sähkökatkon sattuessa vaihtaa vaihtokytkin tilaa, jolloin UPS-laite vaihtuu syöttämään kuormaa. Koska stand-by operation -laite siirtyy syöttämään virtaa vasta sähkökatkon alkaessa, aiheuttaa se noin 2-4 ms katkon UPS-laitteen lähtöliittimiin. Myös

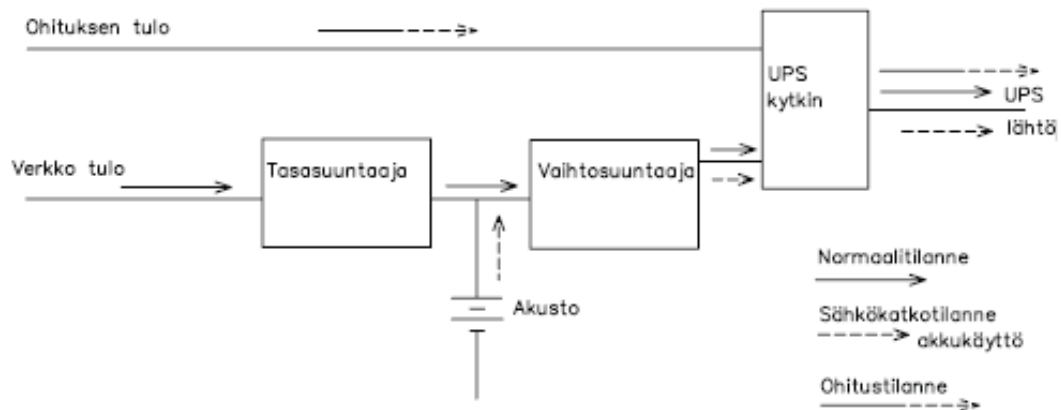
siirtyminen UPS-laitteen syötöstä takaisin verkkosyöttöön aiheuttaa noin 2-4 ms katkon (Bovellan ym. 2005, 60).

Line interactive operation -laitteiden toiminta perustuu yhteen verkon kanssa rinnakkaissäätimenä toimivaan muuntajasiltaan (kuva 10). Tämän tyyppisen UPS -laitteen lähtö riippuu syöttävän verkon taajuudesta, mutta ei jännitevaihteluista sen ollessa normaalirajoissa. Syöttävän verkon ollessa normaalitilanteessa toimii muuttajasilta akustoa lataavana tasasuuntaajana ja sähkökatkon aikana kuormaa syöttävänä vaihtosuuntaajana. Normaalissa käyttötilanteessa line interactive -UPS-laitteen rinnakkaissäädin korjaa kuormaa syöttävän verkon normaalit jännitevaihtelut. Jännitteen säätö toteutetaan muuttamalla vaihekulmaa. Line interactive -UPS-laite siirtyy akkukäyttöön sähkökatkon alkaessa tai verkon taajuuden ollessa asetettujen rajojen ulkopuolella (Bovellan ym. 2005, 61-62).



KUVA 4. Line interactive -UPS-laitteen toimintaperiaate (Bovellan ym. 2005, 62)

Double conversion -laitteet (On-Line UPS) asennetaan syöttävän verkon ja kuormituksen väliin, jolloin UPS-laitteen lähtö on riippumaton verkon jännitteestä ja taajuudesta. Kuten kuvassa 11, syöttää double conversion -UPS-laite aina kuormaa vaihtosuuntaajan kautta. Normaalissa käyttötilanteessa sähkön syöttö tapahtuu tasasuuntaajan ja vaihtosuuntaajan kautta ja sähkökatkotilanteessa akusto syöttää vaihtosuuntaajan kautta kuormaa. Käytettäessä double conversion -UPS-laitetta pysyy kuorman jännite ja taajuus muuttumattomana, kun sähkönsyöttö vaihtuu verkkokäytöstä akustokäyttöön tai toisinpäin. Vikatilanteissa ohituskytkimen avulla kuorma siirtyy ohitusyöttöön (Bovellan ym. 2005, 63-65).



KUVA 5. Double conversion -UPS-laitteen toimintaperiaate (Bovellan ym. 2005, 64)

UPS-laitetta mietittäessä täytyy kuormituksen erityispiirteet huomioida. Esimerkiksi kuormana olevat tietokoneet eivät kestä kuin erittäin lyhyitä, tyypillisesti noin 10-20 ms jännitekatkoja. Lisäksi tietokoneiden virtalähteet tuottavat 3. ja 5. yliaaltoja, joista 3. yliaalto summautuu nollajohtimeen aiheuttaen sille ylimääräistä kuormitusta (Bovellan ym. 2005, 103-104).

Selkeä kuormituksen erityispiirre on moottoreiden käynnistysvirtapiikki. Moottorin käynnistysvirta voi olla 6-7 kertainen verrattuna nimellisvirtaan. Moottorin käynnistysvirta aiheuttaa näin UPS-laitteen ylityöskäynnin sillä UPS-laite ei yleensä pysty syöttämään maksimissaan kuin 1,5-kertaista nimellisvirtaa ollessaan akustokäytöllä. Muita huomioon otettavia kuormituksia ovat esimerkiksi muut UPS-laitteet, kapasitiiviset kuormitukset ja muuntajat (Bovellan ym. 2005, 104-106).

4.2 UPS-laitteen mitoitus

UPS-laitetta mitoitus aloittaessa on selvítettävä millaiseen käyttöön UPS-laite tulee. Iso-Fixu varastoautomaatin tapauksessa UPS-laitteen tarkoituksena on varmistaa katkeamaton sähkönsyöttö siksi aikaa, että varastoautomaatti ehtii tehdä senhetkiset toiminnot loppuun ja mennä lepotilaan. Valittavan UPS-laitteen on siten oltava On-Line UPS.

Mitoitettaessa UPS-laitetta täytyy tietää varmistettavan laitteen tai järjestelmän teho ja tarvittava varakäyntiaika. Kuormituksen erityispiirteet ja mahdollinen laajennusvara on myös syytä ottaa huomioon UPS-laitteen tehoa määriteltäessä.

Iso-Fixu varastoautomaatille tehtiin mittaus, josta saatiin laitteen käyttämät maksimivirrat ja -tehot. Mittauksessa Iso-Fixu -varastoautomaatissa oli käytössä sisäänsyötöyksikkö ja varasto. Mittaus toteutettiin kuuden minuutin mittaisena, jolloin varastoautomaattiin ajettiin lääkepaketteja sekä sisälle varastoon että varastosta ulos. Mittauksella simuloitiin sitä, että sähkökatkon alkaessa varastoautomaatti on toiminnassa täydellä teholla. Mittauksen aikana selvinneet Iso-Fixu -varastoautomaatin keski- ja maksimivirrat näkyvät taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Keskimääräiset ja maksimivirrat

Vaihe	I_{ka} / A	I_{max} / A
1	1,20	3,65
2	2,71	4,87
3	2,56	8,52

Mitoitus tehdään pahimman mahdollisen tilanteen mukaan, eli sähkökatkon sattuessa moottorien käyntiinlähdon aikaan. Moottorien käynnistyksestä aiheutuvat virtapiikit on otettava huomioon. Mitoitettava kolmivaiheteho lasketaan suurimmasta maksimivaihevirrasta. Tehon laskemiseen käytetään kaavaa

$$S = \sqrt{3} * U * I \quad (4.1)$$

jossa U on pääjännite ja I on virta. Pienjännitteellä U on 400 V jolloin tehoksi saadaan

$$S = \sqrt{3} * 400 V * 8,52 A = 5903 VA \approx 5,9 kVA \quad (4.2)$$

Edellä mitoitettuun tehon lisätään vielä 30 % laajennusvara, jolloin tehoksi tulee $1,3 \times 5,9 kVA \approx 7,7 kVA$.

UPS-valmistajat tarjoavat 3-vaiheisia UPS-laitteita kokoluokissa 7,5, 8 ja 10 kVA, jotka ovat lähimpänä mitoitettua 7,7 kVA tehoa. UPS-laitteiden ominaisuudet vaihtelevat valmistajan ja mallin mukaan, jolloin jokaista UPS-laitetta täytyy tarkastella yksilöllisesti.

5 VARASTOAUTOMAATIN TODENTAMINEN JA KÄYTTÖÖNOTTOMITTAUKSET

5.1 Yleistä koneen todentamisesta

Koneen todentaminen koskee sellaisia sähköisiä laitteita, jotka toteuttavat koneen määritelmän. Standardi SFS-EN 60204-1 määrittelee koneen seuraavasti:

"toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmä, jossa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva ja jossa on tarvittavat koneen toimilaitteet sekä ohjaus- ja energiansyöttöpiirit, ja joka on kokoonpantu tiettyjä toimintoja, kuten materiaalin työstöä, käsittelyä, siirtämistä tai pakkaamista varten" (SFS-EN 60204-1, 34)

Määrittelyn mukaan Fixu-varastoautomaattien todentamisessa tehdään siten mittaukset ja kokeet, jotka kyseisessä SFS-EN 60204-1 standardissa määritellään.

Syötön automaattisella poiskytkennällä toteutetun suojauksen ehtojen todentaminen tehdään poikkeuksia lukuun ottamatta kahden kokeen avulla TN-järjestelmässä. Koneen tila määrittelee mitkä kokeet tarvitsee tehdä. Koe 1 on suojajohdinsiirin jatkuvuuden todentaminen. Suojajohdinsiirin jatkuvuus todetaan mittamalla PE-liittimen ja jokaisen suojajohdinsiirin osan ennalta määritellyn kohdan välinen resistanssi virralla, joka on välillä 0,2 - 10 A. Virtalähteen jännitteen on kuormittamattomana oltava 24 V AC tai DC ja syöttöjännitteestä erotettu. (SFS-EN 60204-1, 160)

Koe 2 on vikavirtapiirin impedanssin ja ylivirtasuojan soveltuvuuden todentaminen. Tässä kokeessa täytyy tarkastamalla todentaa syötön liitännät ja koneen PE-liittimeen tuleva ulkoisen suojajohtimen liitäntä. Syötön automaattisen erottamisen ehtojen täyttyminen todennetaan siten, että määritetään vikavirtapiirin impedanssi joko laskennallisesti tai standardin SFS-EN 60204-1 liitteessä A.4 olevalla mittauksella ja varmistamalla piirin ylivirtasuojan asetusten olevan kuten standardin SFS-EN 60204-1 liitteessä A määritellään. (SFS-EN 60204-1, 160)

Eristysresistanssimittauksessa on 500 V tasajännitteellä mitatessa eristysresistanssin oltava minimissään 1 MΩ pääpiirin johtimien ja suojajohdinsiirin välillä. Poik-

keuksena edelliseen tietyt laitteiston osat kuten kiskostot ja liukurenkaat, joille sallitaan 50 k Ω tai suuremmat arvot. (SFS-EN 60204-1, 164)

Jännitekoe tehdään pääpiirin johtimien ja suojajohdinpiirin välille. Suurin testausjännite on suuruudeltaan joko kaksi kertaa laitteiston mitoitusjännite tai minimissään 1000 V ja taajuudeltaan 50 Hz tai 60 Hz. Jännitekokeen vaatimus täyttyy, kun testausjännite on päällä noin 1 sekunnin ja läpilyöntiä ei tapahdu. Kaikki testausjännitetä kestävämmät komponentit erotetaan kokeen ajaksi. (SFS-EN 60204-1, 166)

Suojaus jäännösjännitteiltä on testattava tarvittaessa SFS-EN 60204-1 kohdan 6.2.4 mukaan, jotta vaatimustenmukaisuus voidaan varmistaa (SFS-EN 60204-1, 166). Kohta 6.2.4 määrittelee, että jäännösjännitteen ollessa jännitteisissä osissa syötön katkaisun jälkeen yli 60 V, täytyy se purkaa 60 V tai alle 5 sekunnissa ilman laitteiston toiminnan häiriintymistä. Jos komponenttien varaus on enintään 60 μ C, ei edellä mainittua vaatimusta tarvitse huomioida. Lisäksi komponentin koteloon on laitettava pysyvä vaarasta ilmoittava ilmoitus, jos edellä mainittu purkamisnopeus on laitteiston toimintaa häiritsevä. Ilmoituksesta tulee selvitä aika, minkä kuluttua kotelon saa avata. (SFS-EN 60204-1, 60)

Toimintakokeet tehdään sähkölaitteiston toimintojen testaamiseksi. Testattaviin asioihin kuuluvat myös sähköturvallisuuteen liittyvät toiminnot. (SFS-EN 60204-1, 166)

Uusintakokeet ovat tarpeen, konetta ja sen sähkölaitteistoa muutetaan. Muutetulle osalle täytyy edellä mainitut mittaukset ja kokeet tehdä uudelleen. (SFS-EN 60204-1, 166)

SFS 6000-6 Pienjännitestandardi sisältää sähköasennusten käyttöönottoon liittyvät säädökset. Monilta osin standardin sisältämät testaukset ja mittaukset ovat samat standardin SFS-EN 60204-1 kanssa sisältäen muutaman eri testin. Opinnäytetyössä tarkasteltavana oleva käyttöönottomittauspöytäkirja kuitenkin sisältää jo SFS 6000-6 määrittelemät testit ja mittaukset tarvittavilta osin, joten voidaan keskittyä tarkastelemaan SFS 60204-1 esitettyjä testejä ja mittauksia.

5.2 Fixu-varastoautomaattien käyttöönottomittauspöytäkirja

Newico Oy:llä on jo käytössä varastoautomaattien todentamista ja käyttöönottomittauksista varten tehty käyttöönottomittauspöytäkirja (Liite 3). Pöytäkirjan mukaan Fixu-varastoautomaattien todentamiseen ja käyttöönottomittauksiin kuuluvat seuraavat testaukset ja mittaukset:

- Suojajohtimen jatkuvuus
- Sähköasennuksen eristysresistanssi
- Seinäpintojen ja laiterunkojen resistanssit
- Toimintakoe
- Napaisuus

Käyttöönottomittauspöytäkirjassa olevien testausten ja mittausten lisäksi standardi SFS-EN 60204-1 mukaan tehtäviä mittauksia olisivat lisäksi jännitekoe, suojaus jäännösjänniteiltä ja koe 2 kohdasta syötön automaattisella poiskytkennällä toteutetun suojauksen ehtojen todentaminen.

Fixu-varastoautomaateissa on paljon pienjännitteisiä komponentteja, jotka eivät kestä jännitekokeen vaatimaa 1000 V jännitettä. Jännitekoetta varten erotettavien komponenttien määrä kyseisissä automaateissa tekee jännitekokeen tekemisestä käytännössä merkityksettömän.

Suojausta jäännösjänniteiltä ei tarvitse todentaa, sillä jäännösjännitteiden arvot ovat vaatimustenmukaiset Fixu-varastoautomaateissa jännitteen katkeamisen yhteydessä. Automaattien jäännösjännite on enintään laitteen virtalähteen 24 voltin tasajännite ja komponenteissa mahdollisesti olevat varaukset ovat alle 60 μC .

Syötön automaattisella poiskytkennällä toteutetun suojauksen ehtojen todentamisen koetta 2 ei tarvitse tehdä Fixu-varastoautomaateille, sillä niihin voidaan soveltaa standardin SFS-EN 60204-1 taulukon 9 menetelmää C ja tapausta C2. Tämä voidaan tehdä silloin, kun suojajohdinpiirin kaapelien pituus koneessa ei ylitä standardissa määritettyä pituutta, suojajohdinpiirin jatkuvuus on tarkistettu ja kone on toimitettu kuljetusta varten purettuna. Lisäksi uudelleen kokoamisen jälkeen on tarkistettu suojajohdinpiirin jatkuvuus. Standardin mukaan suojajohdinpiirin kaapelin pituus saa olla enintään 30 metriä, kun suojalaitteen asetusarvo on 16 A ja C-tyypin johdonsuojakat-

kaisijan katkaisuaika on 0,1 sekuntia ($I_a = 10 \times I_N$). Fixu-varastoautomaateissa suoja-johdinpiirin kaapelien pituus jää alle 30 metrin, kun kyseessä on edellä mainittu suo-jalaite. (SFS-EN 60204-1, 162-164)

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä saatiin vuosikulutusarviot Newico Oy:n Iso-Fixu ja Boxi-Fixu -varastoautomaateille viikon pituisista kulutusmittauksista. Mittauksista selvisi myös muita laitteen sähköisiä ominaisuuksia kuten kuormitusten jakautuminen eri vaiheille ja virtapiikkien suuruus. Varastoautomaattien mittaustiedoista tehtiin myös selkokieli- set sähkönkulutusraportit (liitteet 1 ja 2), jotka voidaan antaa asiakkaille esimerkiksi tarjouksen yhteydessä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli myös Iso-Fixu -varastoautomaatille tulevan UPS-laitteen tehontarpeen selvitys. Määritettäessä tarvittavaa tehoa ilmeni, kuinka varastoautomaatin käytönaikaiset kuormituspiikit nostavat tarvittavan tehon määrää huomattavasti verrattuna laitteen keskimääräiseen tehontarpeeseen. UPS-laite on siksi ylimitoitettava, koska yleensä UPS-laitteet sallivat maksimissaan 1,5-kertaisen kuormituksen muutamaksi sekunniksi.

Viimeisenä tarkasteltiin varastoautomaattien käyttöönottopöytäkirjan päivitystarvetta. Standardeista tuli esille uusia testejä ja mittauksia, joita ei pöytäkirjassa vielä ollut. Näitä pöytäkirjasta puuttuvia testauksia ja mittauksia ei kuitenkaan tarvitse tehdä Fixu-varastoautomaateille.

LÄHTEET

Bovella, K., Hakanen, P., Heikkilä, J., Kapp, H., Kivekäs, S., Kousa, P., Poikonen, P., Sahlström, T. & Tummavuori, J. 2005. *Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät. ST-käsikirja 20*. Espoo: Sähköinfo Oy, 59-65, 103-106.

Gossen Metrawatt GmbH:n www-sivusto [viitattu 16.4.2012].

Saatavissa: <http://www.gossenmetrawatt.com/english/produkte/mavowatt70.htm>

Newico Oy 2012. *Iso-Fixu -esite* [verkkodokumentti]. [viitattu 15.4.2012]. Saatavissa: <http://www.newico.fi/apteekeille/varastoautomaatio/isofixu/tiedostot/Esite%20-%20Iso-Fixu.pdf>

Newico Oy. *Iso-Fixu käyttöohjeet*. 2011b.

Newico Oy. Yritysesittely. 2011a.

Newico Oy:n www-sivusto [viitattu 15.4.2012]. Saatavissa: <http://www.newico.fi/>

SFS-EN 50160 2010. Yleisestä jakeluverkosta syötetyön sähkön jänniteominaisuudet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto, 1-6.

SFS-EN 60204-1 2006. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto, 34,160-166.